

姓名：_____ 班別：_____ ()

校本體育選修科筆記

天水圍循道衛理中學
體育 (文憑)
運動生物力學

1. 運動生物力學的分類

人體運動結構

人體運動動作

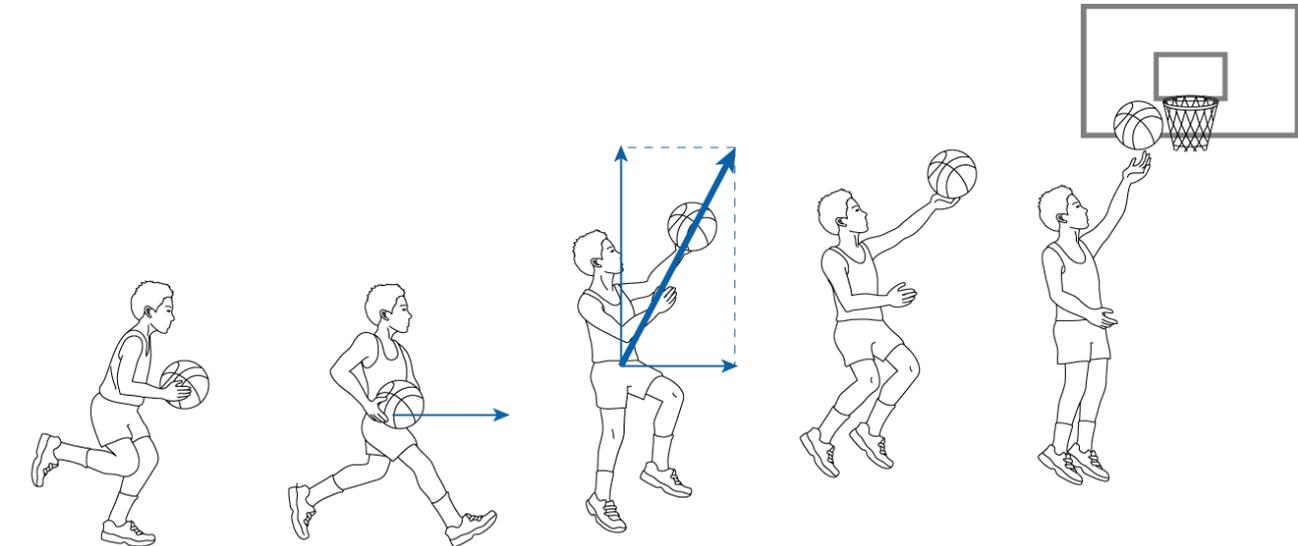
人體運動相關器材

人體運動相關環境

姓名：_____ 班別：_____ ()

2. 「力」學

- 「力」是用於物體或人體的「推」、「拉」動作，可引致靜止的物體_____，或使物體加速或減速，或改變移動方向。
- 改變物體的運動狀態，使物體速度改變，包括速率和運動方向的改變。



- 產生運動：_____
- 停止運動：_____
- 加速運動：_____
- 減慢運動：_____
- 改變物體的運動方向：_____

「力」的單位

- 1 牛頓 (N) 的力使到 1 千克質量的物體產生 1 米 / 秒² 的加速度 ($1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{ms}^{-2}$)。

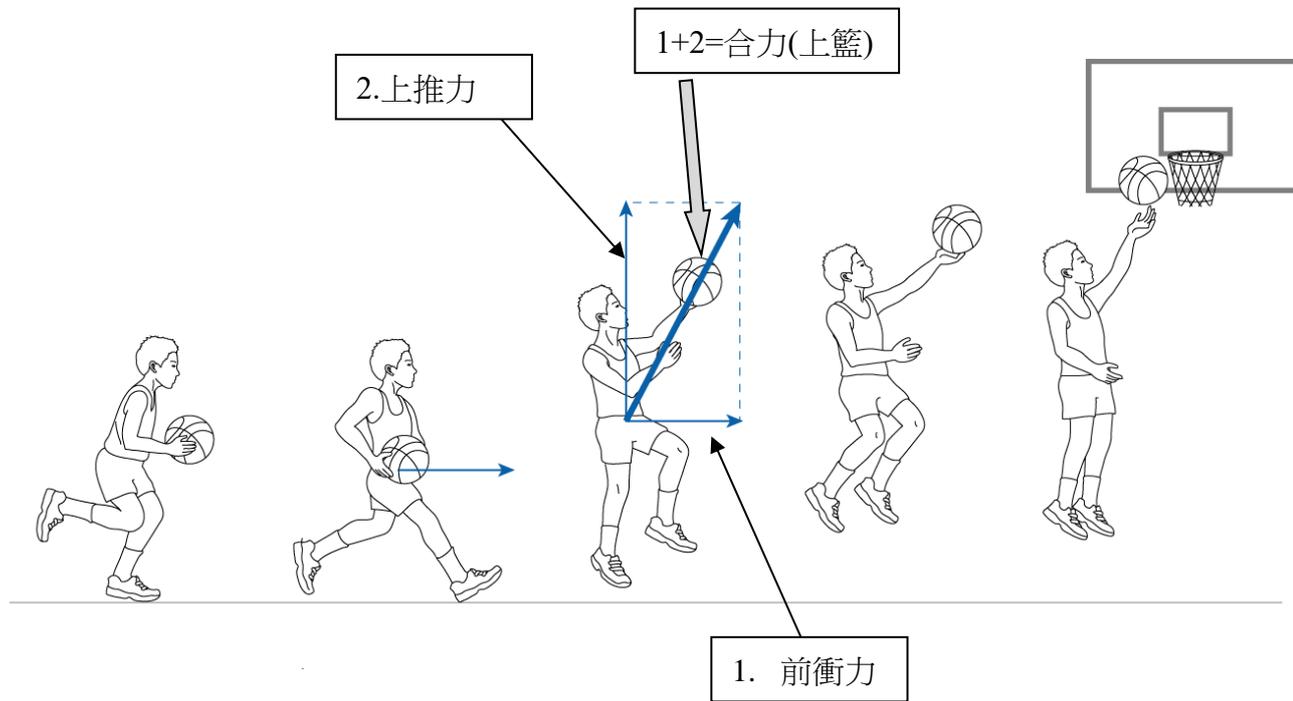
運動 (motion)

- 在力學中談及的「運動」是指物體在空間的相對位置出現變化。它可以利用速度、加速度、位移和時間來描述。

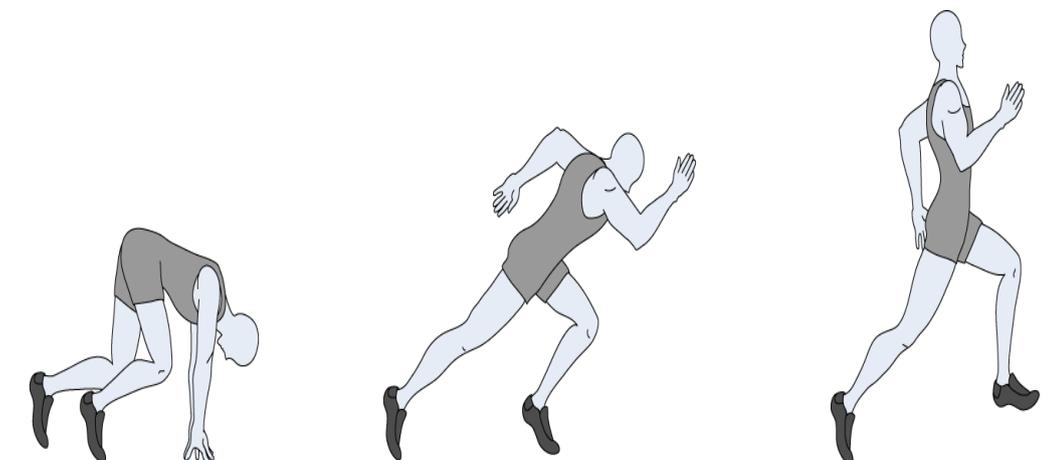
姓名：_____ 班別：_____ ()

「合力」

➤ 指同時作用於一個物體時產生的綜合矢量。



姓名：_____ 班別：_____ ()

3. 直線運動 --- 加速度 (acceleration)

預備

起步

加速

$$\text{速度} = \frac{\text{位移}}{\text{所需時間}}$$

加速度 (acceleration) = 物體速度隨時間的變化率。

$$\begin{aligned} \text{加速度} &= \text{速度變化} / \text{時間} \\ &= (\text{最終速度} - \text{初始速度}) \div \text{所需時間} \end{aligned}$$

單位：米每平方秒 (m/s²)

例子：計算世界 100 米飛人保特(Usain Bolt)於 100m 賽事中，首 30m 的加速度：假設初始速度：保特於起跑線時準備起跑的速度 = 0 m/s (處於靜止狀態)最終速度：保特跑至 30m 的速度 = 12 m/s (假設他跑至 30m，所需時間為 2.5s --- (30 ÷ 2.5) m/s)保特「首 30m」的加速度 = (12 - 0) ÷ 2.5

$$= 4.8 \text{ m/s}$$

姓名：_____ 班別：_____ ()

4. 牛頓定律 (Newton's Law)

牛頓運動第一定律：慣性定律

「除非受外力迫使物體改變其狀態，否則物體會處於保持靜止或向同一方向均速進行直線運動。」

例子：

短跑運動員在以蹲踞式起跑時，雙腳便需用力蹬離起跑器，以破壞及克服身體在起跑前的「靜止」慣性，推動身體向前跑向終點。

牛頓運動第二定律：加速度定律

「物體的加速度與它所受的力的大小成正比，並和它的質量成反比；物體加速度的方向與所受的力的方向相同。」

例子：

排球比賽中，扣球的力量愈大，球的加速愈快，防守便愈困難。

- 當物體受到外力作用時，其運動狀態將發生變化，產生加速度。
- 物體的加速度與物體所受的力大小成_____ --- (施力越大、速度越快)。
- 物體的加速度與物體的質量成_____ --- (質量越大、速度越慢) **力 / 質量 = 加速度**
- 加速度的方向跟力作用的方向相同。
- 為了獲得更大的加速度，運動員必須設法增大_____。
- 如果已知物體的質量和加速度，可按照下列公式計算要產生此加速度所需要的力量：

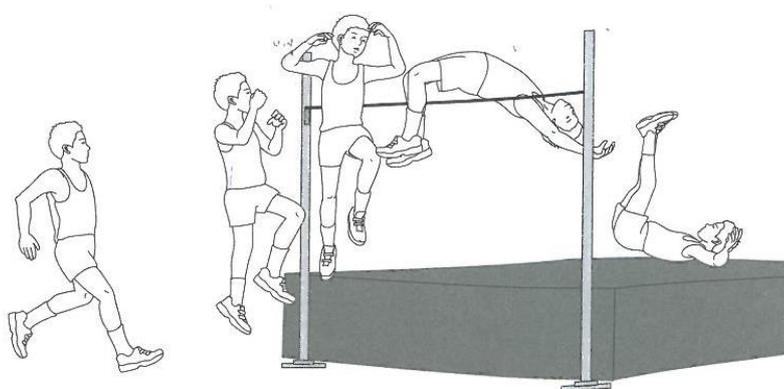
力 = 物體的質量 × 加速度

$$\mathbf{F = ma}$$

F = force 力 **m = mass 質量** **a = acceleration 加速度**

姓名：_____ 班別：_____ ()

- 例子：
- 排球比賽中，扣球的力越大，球的加速度便會越快。
- 跳高起跳時，雙臂_____向上擺動，身體上肢向上的力(上推力)便會越大，運動員亦會跳得越高。



牛頓運動第三定律：作用力與反作用力

「當一個物體的力作用於另外一個物體時，第二個物體必會對第一個物體產生一個大小相等、但方向相反的反作用力。」

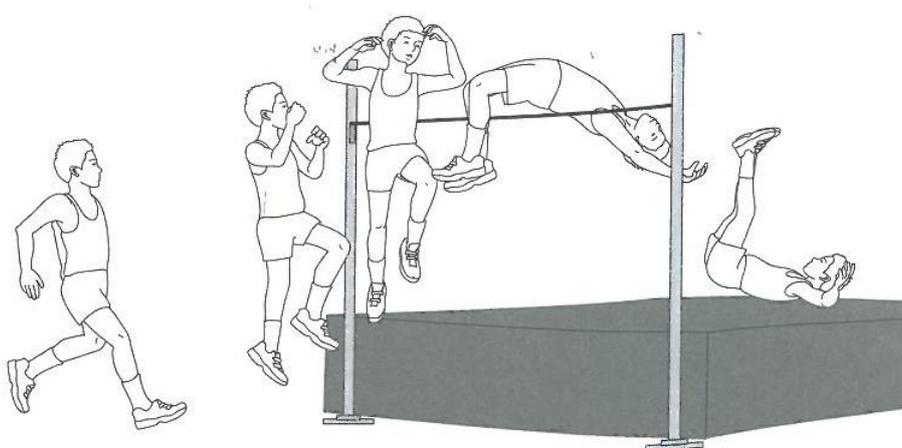
- 當一個物體的力作用於另外一個物體時，第二個物體必會對第一個物體產生一個大小相等、但方向相反的反作用力。
- 例子(1)：
短跑運動員在起跑時，雙腳會用力(作用力)施於起跑器上，起跑器便會產生方向相反而力量相等的反作用力於運動員身上，令運動員可離開起跑器向前加速起跑。



姓名：_____ 班別：_____()

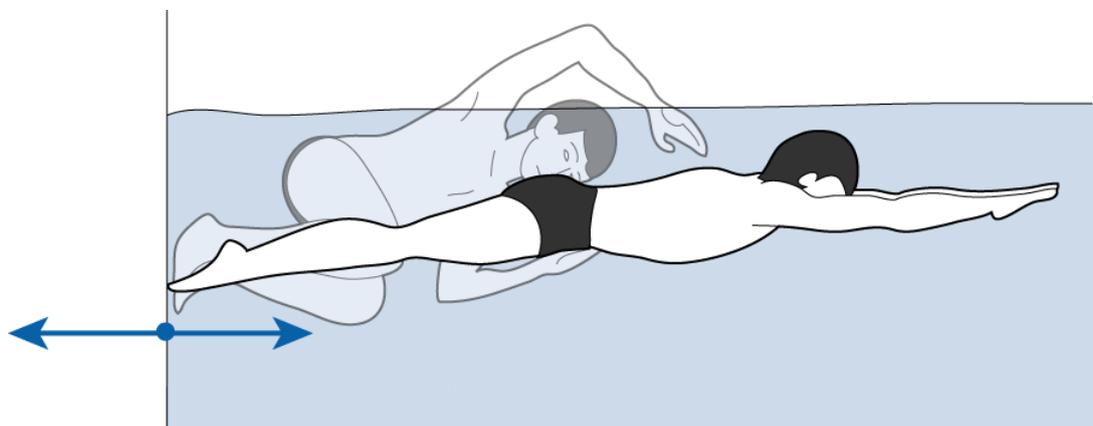
➤ 例子(2)：

跳高運動員起跳用力蹬地，地面便會產生相同力量的反作用力，令運動員躍起以越過橫杆。



➤ 例子(3)：

游泳轉身時，雙腿用力(作用力)蹬向池邊，其力量均等而方向相反的反作用力便會使泳手向前推進。



作用力

反作用力

姓名：_____ 班別：_____ ()

➤ 例子(4)：

女生在做「曲臀懸垂」時，手臂用力(作用力)向下拉鐵管，其力量均等而方向相反的反作用力便會把女生身軀拉上鐵管之上



動作	牛頓運動定律	說明
跑步的起動或結束	牛頓第一定律： 慣性定律	進行跑步的起跑或結束需要克服慣性，因此只能逐漸加速和減速。
跑步時的加速動作	牛頓第二定律： 加速度定律	假設已知運動員的質量和加速度，可以利用公式 $F=ma$ 計算達至某加速度需要產生的力。
跳高的起跳動作	牛頓第三定律： 作用與反作用定律	運動員用力蹬地，地面產生向上的反作用力，令運動員能躍起，以越過橫杆。

姓名：_____ 班別：_____ ()

5. 衝量與動量

- 當一個物體動量改變的時候，其動量改變的大小，就是這個物體所受的衝量大小。

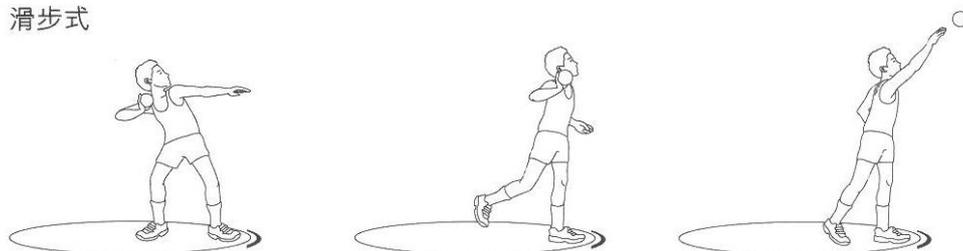
衝量

$$\text{衝量} = \text{力} \times \text{作用時間} \quad (\mathbf{F} \times \mathbf{t})$$

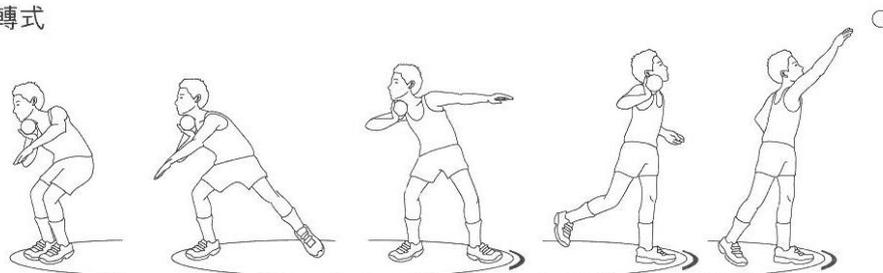
- 當物體受同樣力量，但作用時間不同，所產生的衝量便會不一樣。

eg. 推鉛球的滑步式技術會較半轉式技術推得更遠，因滑步式的施力時間較長，因此衝量亦會較大，推出鉛球的前推力量亦會較大(動量)。

滑步式



旋轉式



- 是力在短時間內作用在鉛球上，產生動量的改變。
- 因此受力時間越長，物件的衝量便會越大。

e.g. 於打網球時，在擊球時加上跟進動作，加長球拍向球施力的時間，從而增強球的動量，加強擊球的力量和速度。

姓名：_____ 班別：_____ ()



- ◇ 要減少衝量，可透過增加吸收衝量的時間來減少物體所得，從而減少衝量。

$$\boxed{\text{衝量} = \downarrow \text{力} \times \uparrow \text{作用時間}}$$

- ◇ 例如：棒球手套設計非常厚，是為了在接來球時，在增加棒球與球套的接觸時間(作用時間)，令手掌接觸棒球的力量減低，以減輕接球手的痛楚。

動量

- 物體移動時所產生的動量與該物體的速度成正比。

$$\text{動量} = \text{質量} \times \text{速度}$$



eg. 被推出的鉛球的動量與被推出時的速度成正比。

鉛球質量 = 8kg、推出的速度=10m/s

運動員推出鉛球的動量= 8kg X 10m/s = 80kg m/s

姓名：_____ 班別：_____ ()

◇ **衝量是外力在短時間內作用在物體上，產生動量的改變。**

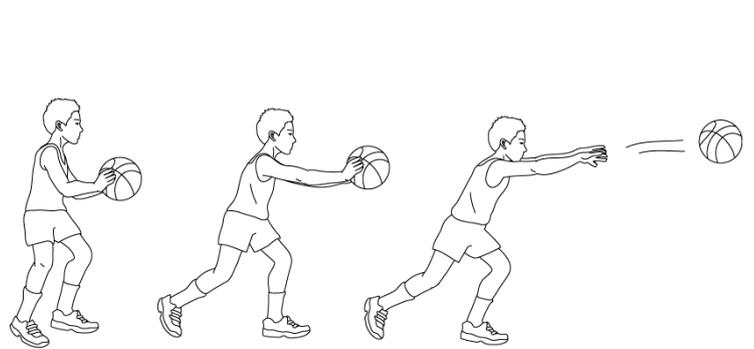
◇ **施力 vs 卸力**

施力

➤ 物體受的力增加或受力時間增加，物體的動量亦會因此而增加。



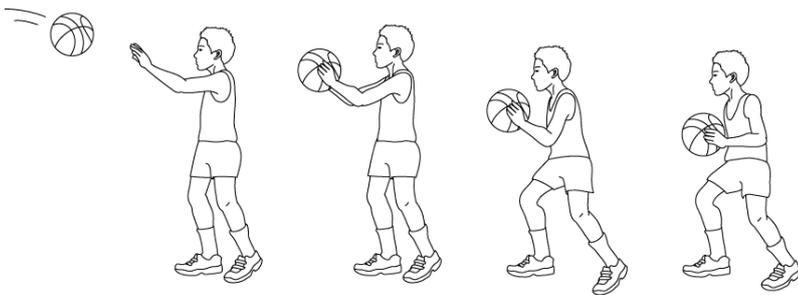
在網球擊球時，擊球後的跟進動作，加長球拍向球施力的時間，從而增強球的動量。



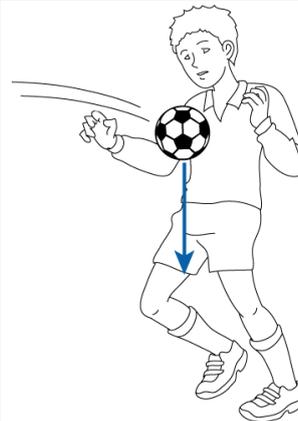
籃球進行雙手胸前球時，踏前一步並伸出前臂，能增強球的動量。

卸力

➤ 在與物體接觸時順勢後引，便可做成的卸力效果，緩衝物體的動量。



籃球進行接球時，手臂順勢後引，腳後踏一步，緩衝來球的動量。

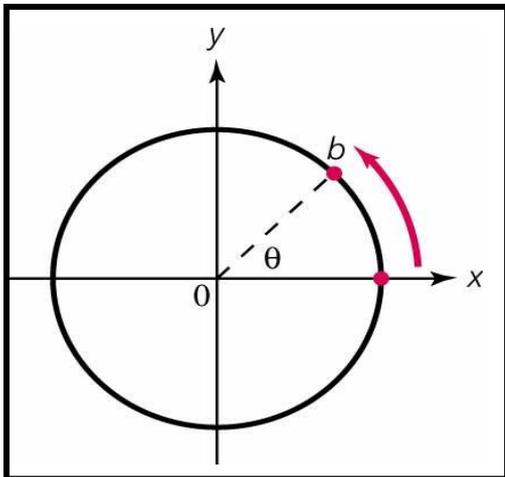


在足球應用胸前控球時，放鬆及作後引動作，緩衝來球的動量。

姓名：_____ 班別：_____ ()

6. 角運動

- 角位移 --- 角位移是測量物體繞中心軸線轉動的角度(完整旋轉 1 圈是 360 度)。
- 角速度 --- 角速度為角位移對於時間的變化率，其單位為弧度每秒(rad / sec)。
- 角加速度 --- 角加速度為角速度對於時間的變化率，其單位為弧度每秒平方(rad / sec²)。



θ 是表示物體 b 圍繞軌道位移的角度

角速度是指對應時間內角位移的變化率

轉動慣量

- 轉動慣量是物體對於改變其旋轉運動所產生的阻力。
- 物體在轉動時，也有它的慣性，稱為轉動慣量。
- 轉動慣量的大小，與物體質量的大小，及圍繞旋轉軸心的遠、近有直接關係(即物體質量的旋轉半徑)。

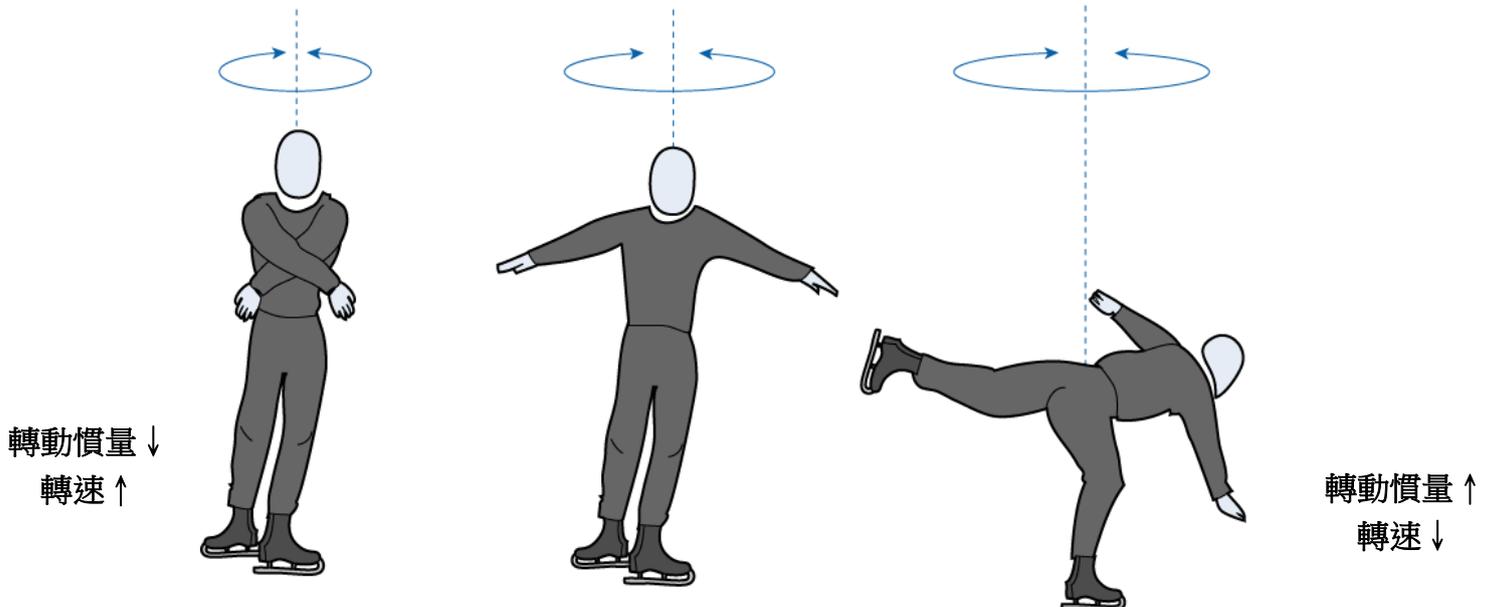
質量越大 / 離軸心越遠 → 產生的轉動慣量越大 → 旋轉越慢

質量越小 / 離軸心越近 → 產生的轉動慣量越小 → 旋轉越快

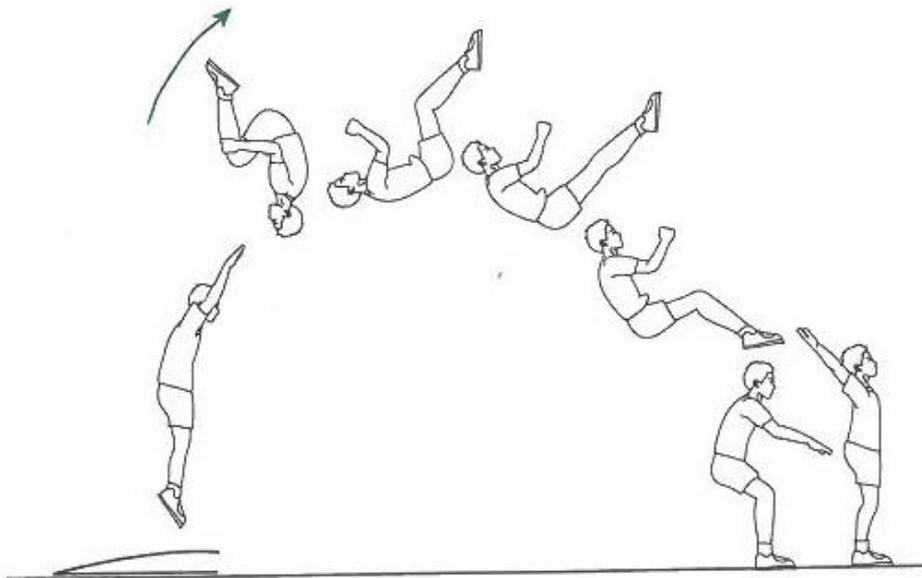
溜冰旋轉時的手臂內縮 → 轉動慣量↓ → 轉速↑

姓名：_____

班別：_____ ()



體操或跳水的團身轉體 → 旋轉半徑↓
→ 轉動慣量↓ → 耗力↓ → 旋轉較易、較快



姓名：_____ 班別：_____ ()

7. 角運動的牛頓定律

牛頓第一角定律：

旋轉的物體會圍繞軸心旋轉，並以恆角動量保持運動狀態，除非有外力作用於物體迫使其改變這種狀態。

牛頓第二角定律：

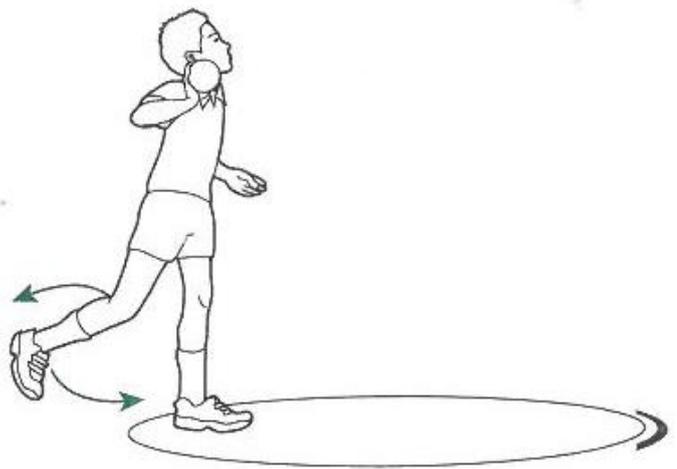
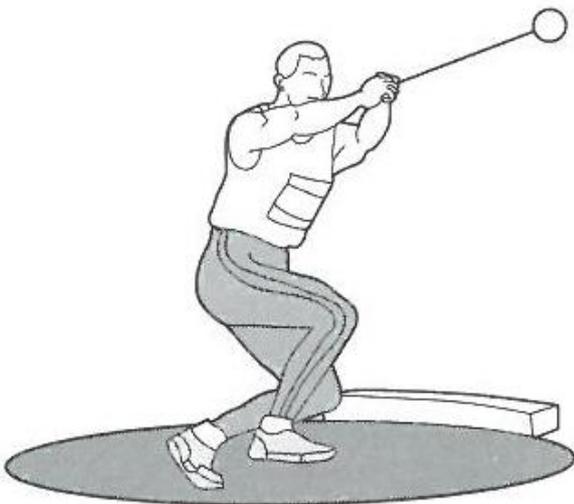
旋轉的角加速度與物體所受的轉矩成正比，角加速度的方向跟轉矩的方向相同

牛頓第三角定律：

每個物體的轉矩必然會對另一個物體產生一個大小相等、但方向相反的轉矩。

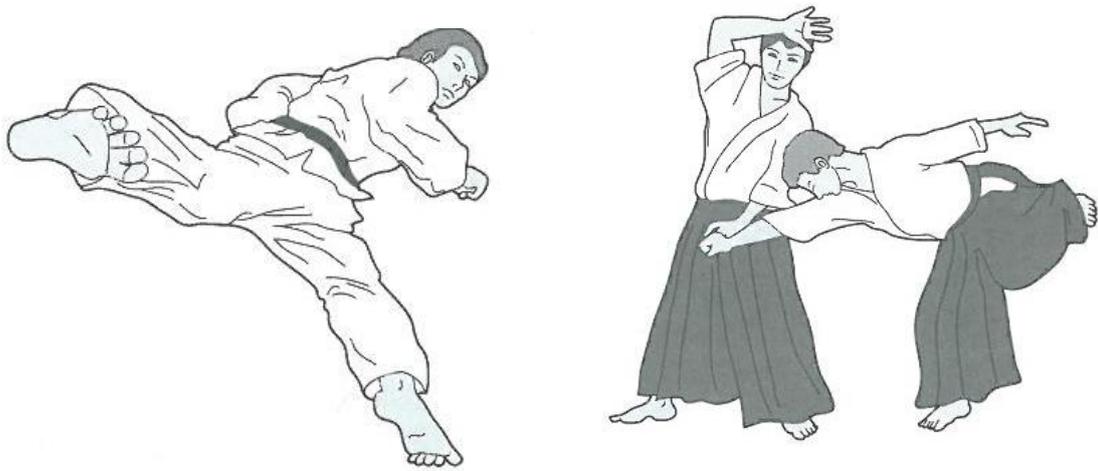
8. 圓周運動(旋轉)

◆ 圓周運動(旋轉)



鏈球及鉛球 (全轉式---旋轉後推出)運動 → 身體旋轉
 → 速度及施力時間↑ → 拋出物體力量↑

姓名：_____ 班別：_____ ()



柔道及跆拳道旋踢 → 身體旋轉 → 速度↑ → 攻擊力量↑

9. 人體動作的類別

◆ 人體的面和軸

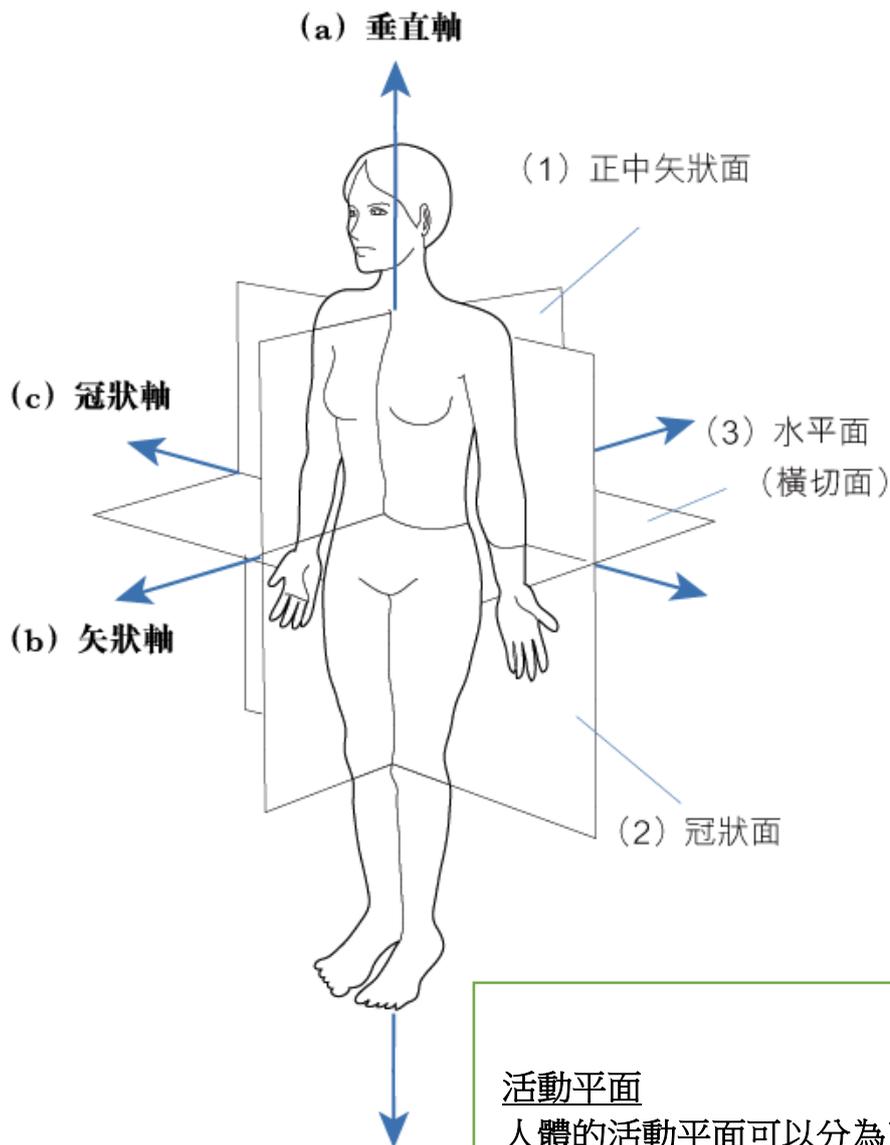
迴旋

(a) 縱軸(垂直軸) — 與地面垂直，由上而下的軸。橫狀切面的迴旋動作圍繞縱軸進行，例如旋前、旋後、轉體等。

(b) 矢狀軸 — 與地面平行，由前而後的軸。額狀切面的迴旋動作圍繞矢狀軸進行，例如外展、內收、側手翻等。

(c) 橫軸(冠狀軸) — 與地面平行，由左至右的軸。矢狀切面的迴旋動作圍繞橫軸進行，例如屈曲、伸展、前滾翻等。

姓名：_____ 班別：_____ ()



活動平面

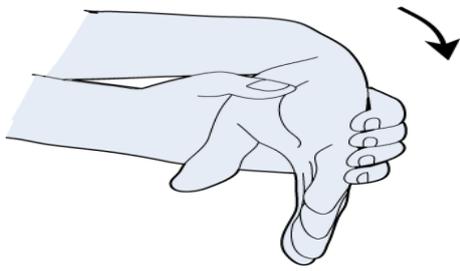
人體的活動平面可以分為三個：

- (1) 矢狀切面 - 沿垂直方向把身體分為左、右兩部分
- (2) 額狀切面 (冠狀面) - 把身體分為前半部 (前面) 和後半部 (後面) 兩部分
- (3) 橫狀切面 - 把身體分為上、下兩部分

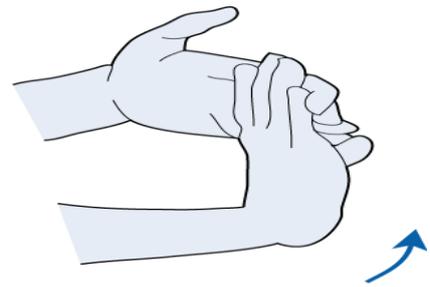
◆ 屈曲和伸展：

- 運動時兩骨互相靠近，角度縮小的稱屈曲；
- 連接關節的骨間角度減少而構成「屈曲動作」。
- 引致屈曲動作發生的肌肉稱為「屈肌」。

姓名：_____ 班別：_____ ()



屈曲 (flexion)
(兩骨間角度縮小)



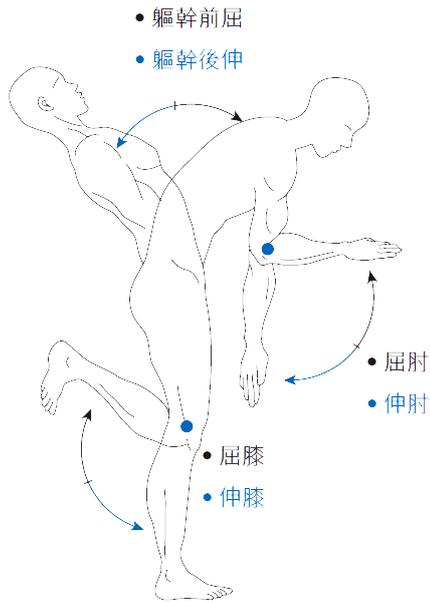
伸展 (extension)
(兩骨間角度加大)

- 運動時兩骨互相靠近，角度加大的稱伸展。
- 增加與關節連接的骨間角度會構成「伸展動作」。
- 引致伸展動作發生的肌肉稱為「伸肌」。



- 上圖進行舉啞鈴動作時，二頭肌屬於屈肌，三頭肌屬於伸肌。

姓名：_____ 班別：_____ ()



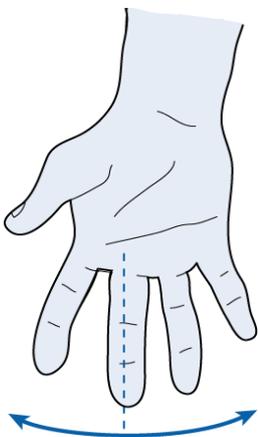
試以人體從「坐下」變成「站立」就是伸展動作的例子，以動作分析角度，指出並解釋屬於屈曲還是伸展？涉及哪一部份肌肉及伸縮類別？

股骨和脛骨之間的角度增加會引致膝關節伸展。

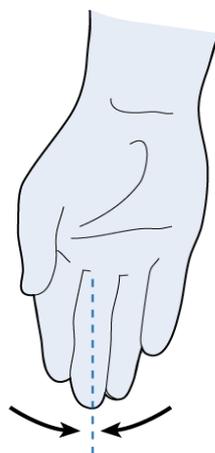
構成伸展動作的肌肉稱為「伸肌」。按照這種定義，四頭肌群屬於伸肌。

◆ 外展和內收：

- 運動時骨移離身體中線的動作，稱為外展；例如將手臂置於身體兩側，並向上舉高。
- 運動時骨移近身體中線的動作，稱為內收；例如將已舉起的手臂，從側面向身體兩側收攏。

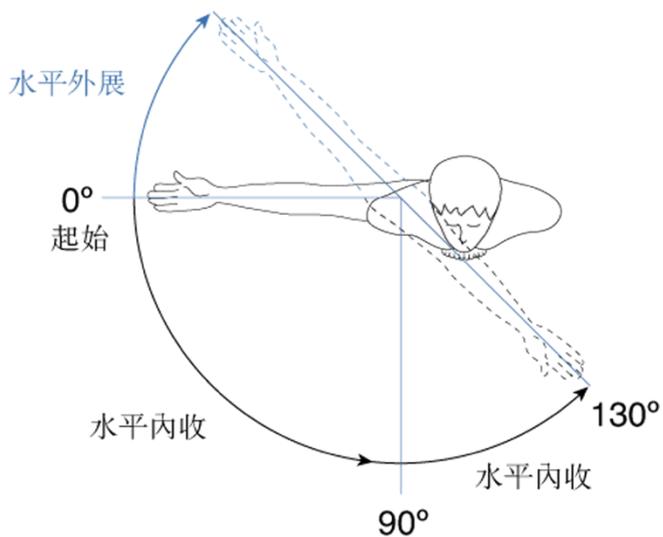


外展 (abduction)
(離開正中面)



內收 (adduction)
(靠近正中面)

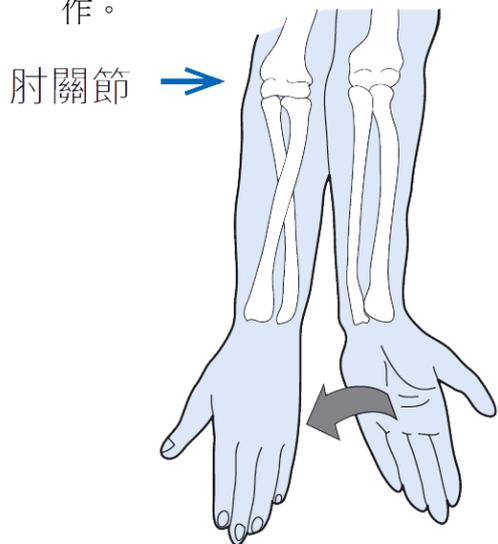
姓名：_____ 班別：_____ ()



特殊情况：肩關節在水平面上進行的外展與內收。

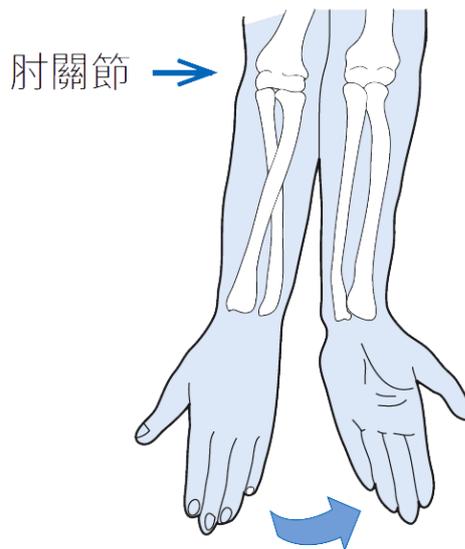
◆ 旋前和旋後：

- 骨環繞垂直軸進行運動，稱為 旋轉。骨的前面轉向內側的稱旋前；骨的前面轉向外側的稱 旋後。
- 在肘部產生的旋前動作，涉及橈骨和肱骨之間的內旋，掌心從向上翻轉至向下，完成旋前動作。
- 在肘部產生的旋後動作，涉及橈骨和肱骨之間的外旋，掌心從向下翻轉至向上，完成旋後動作。



旋前 (pronation)

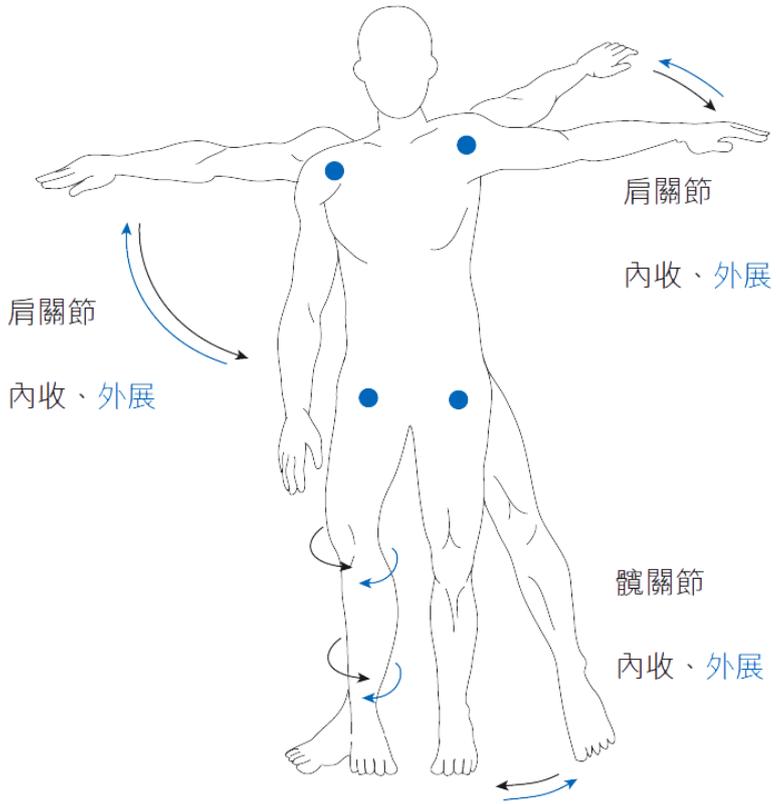
(轉向內側)



旋後 (supination)

(轉向外側)

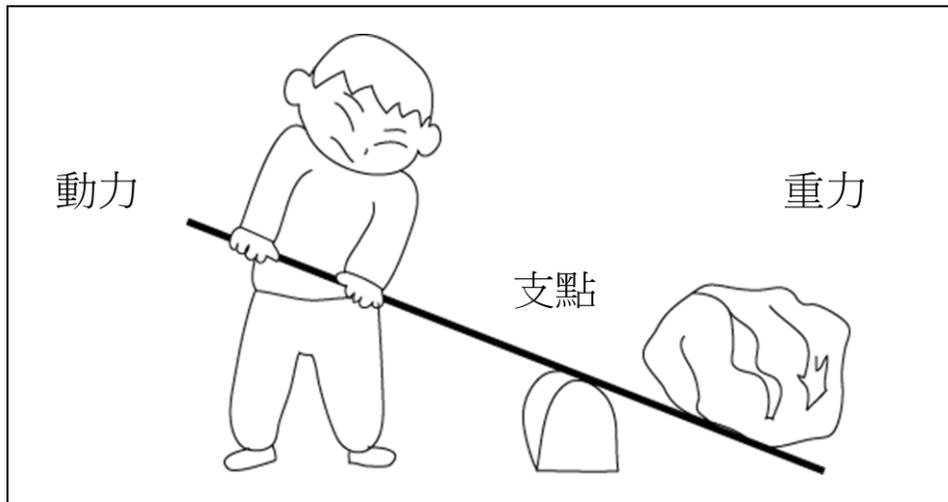
姓名：_____ 班別：_____ ()



姓名：_____ 班別：_____ ()

10. 槓桿原理

- 槓桿 (lever) 是一種可以圍繞固定點轉動的簡單機械。
- 利用槓桿原理可以充分提高工作的效率與效能。



槓桿原理的分類

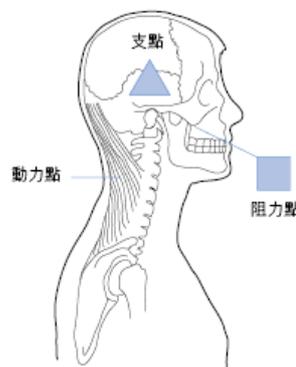
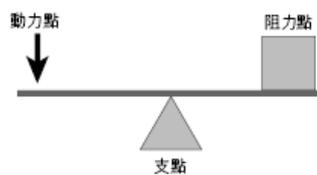
- 槓桿原理可分為三類：第一類槓桿、第二類槓桿 及第三類槓桿。

#力點 = 施力點 = 動力點 重點 = 阻力點 = 抗力點

第一類槓桿

- 第一類槓桿是支點在力點和重點之間。
(力、支、重)
- 第一類槓桿有可能是省力費時或是省時費力，完全取決於力點、重點及支點之間的距離。

第一類槓桿：支點在中央

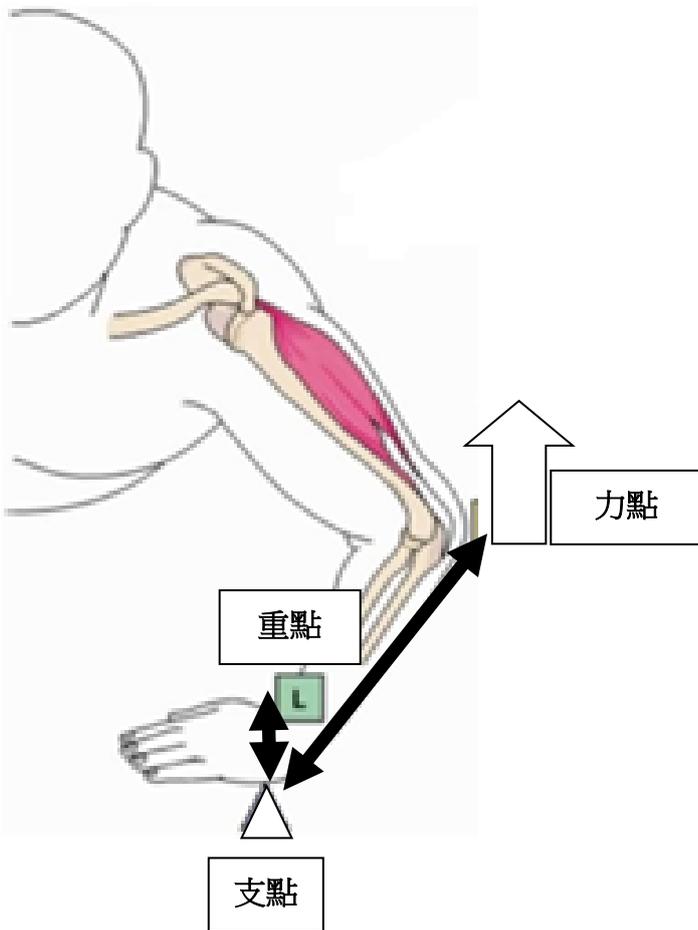


姓名：_____ 班別：_____ ()

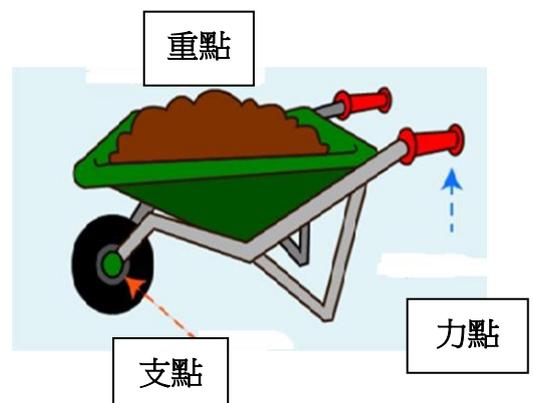
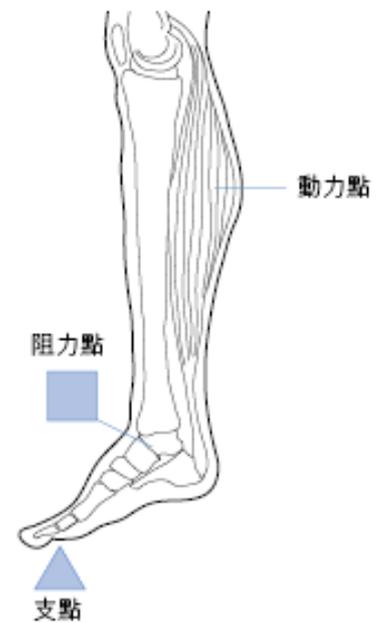
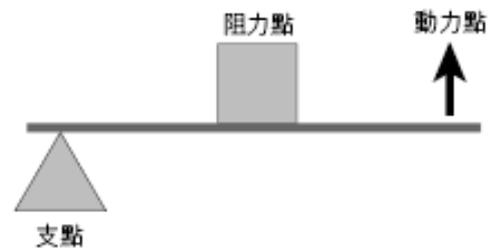
第二類槓桿

- 第二類槓桿是重點在支點和力點之間。(支、重、力)
- 第二類槓桿由於施力臂大於阻力臂，因此施力大於抗力，需要施力較少，但施力時間可較長，所以屬於「省力費時」。

例子：掌上壓



第二類槓桿 (省力費時)

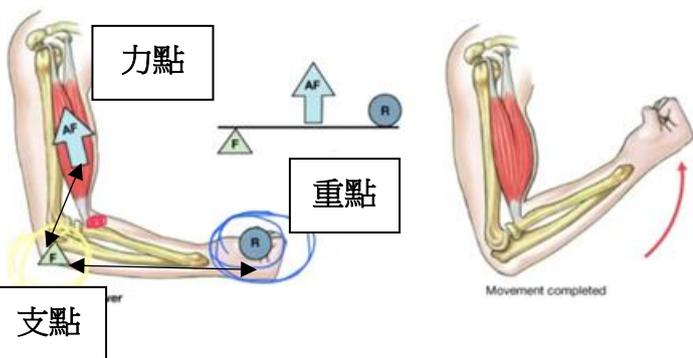


姓名：_____ 班別：_____ ()

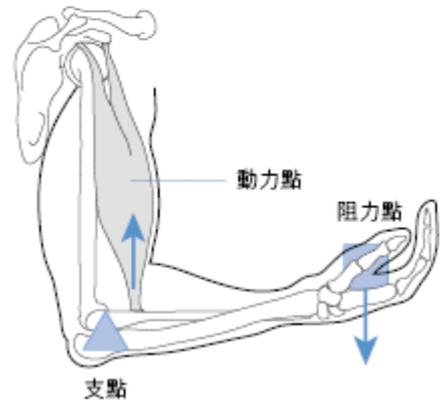
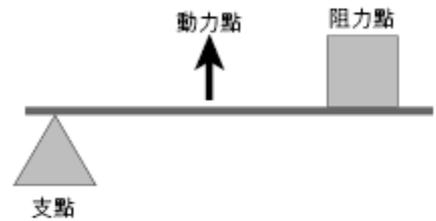
第三類槓桿

- 第三類槓桿是力點在支點和重點之間。(支、力、重)
- 第三類槓桿由於施力臂小於阻力臂，因此施力小於抗力，需要施力較大，但施力時間可較短，所以屬於「省時費力」。

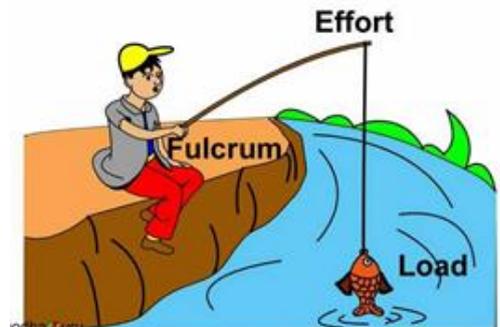
例子：舉啞鈴



第三類槓桿 (省時費力)



Third class lever



姓名：_____ 班別：_____ ()

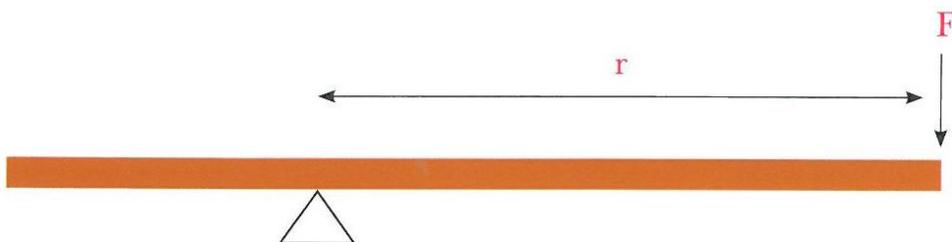
力矩

- 若力量不變，我們可以運用槓桿原理移動更重的物體，或提升物體的移動速度，其效能主要是取決於力臂和重臂的長度。



- 人體的槓桿系統只可以完成旋轉動作，這種圍繞轉軸而產生轉動效果的物理量稱為「力矩」，並與肌止與關節之間的距離有直接的關係。

力矩 = 作用力 (F) × 支點到力的作用線的垂直距離 (r)



姓名：_____ 班別：_____ ()

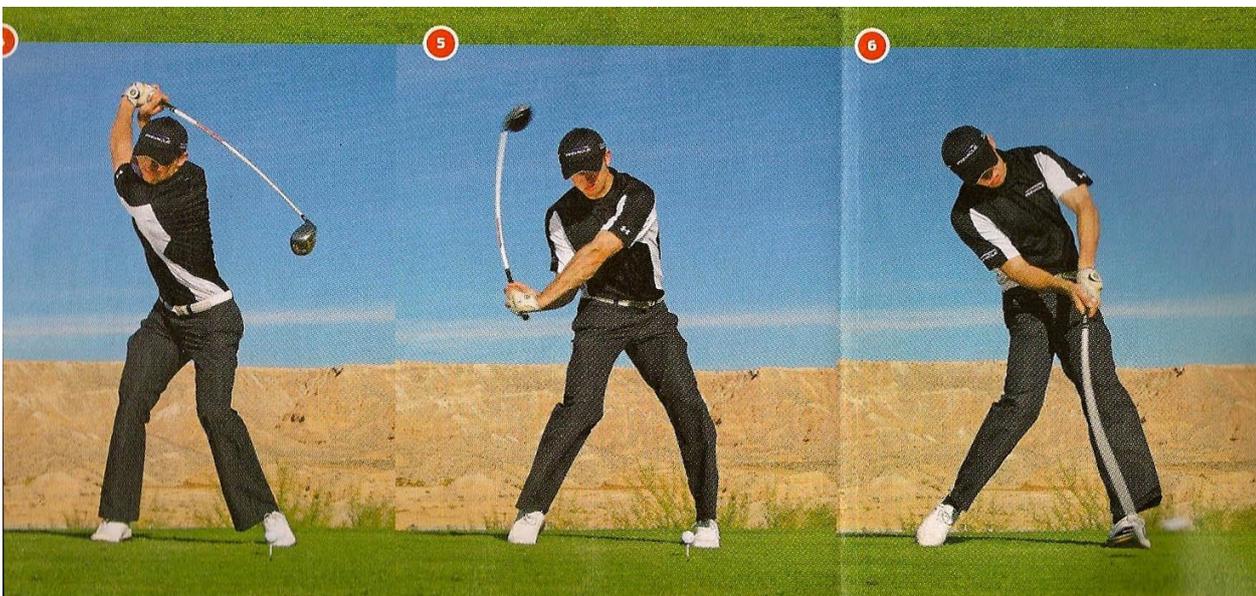
例(1)：網球

- 儘量伸直手臂和身體，爭取更大的力矩，以能發出速度高的球。



例(2)：高爾夫球

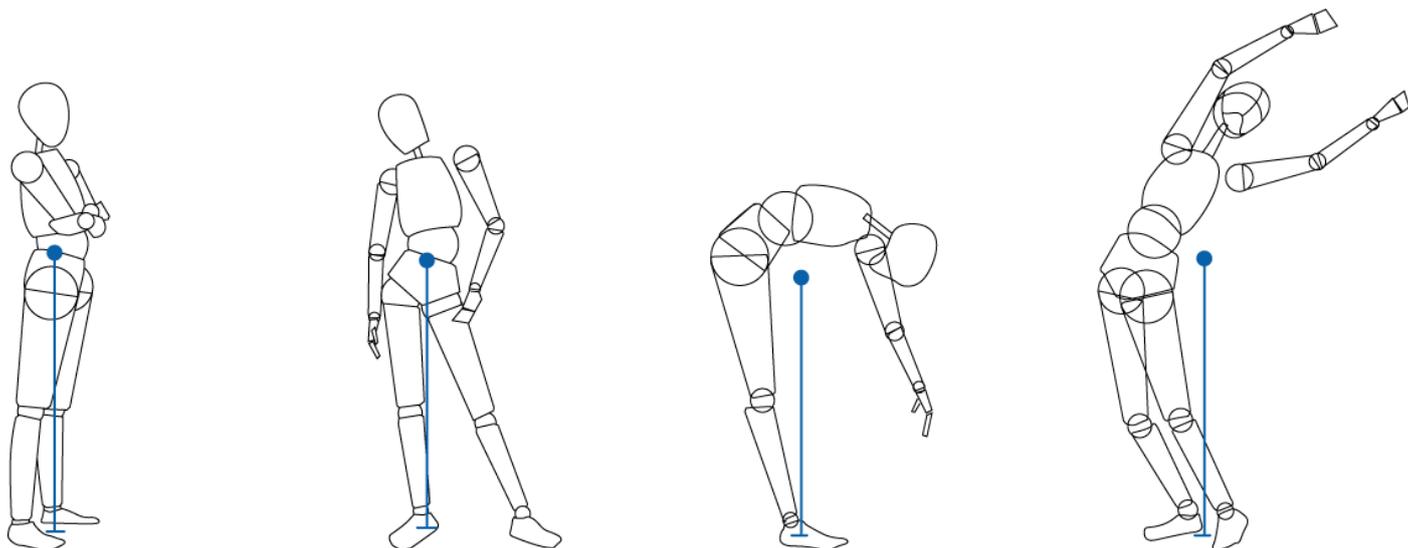
- 高爾夫球杆的長度會影響擊球的距離，假設擊球的力度不變，運用長杆可擊出較遠的距離，而運用短杆所擊出的距離便較近。



姓名：_____ 班別：_____ ()

11. 重心

- 地球存在引力，使物體以 9.81 米/秒^2 的加速度下墜。
- 引力在人體上的作用點稱為重心。
- 人體重心的位置在運動時是不固定的，會隨動作的變化而作出變動。



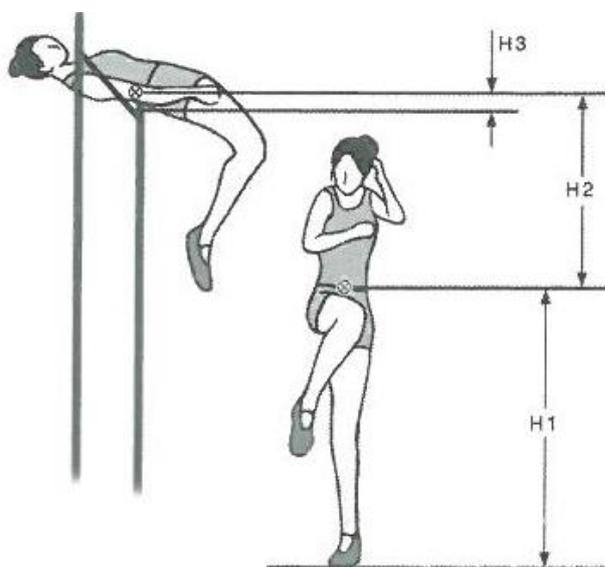
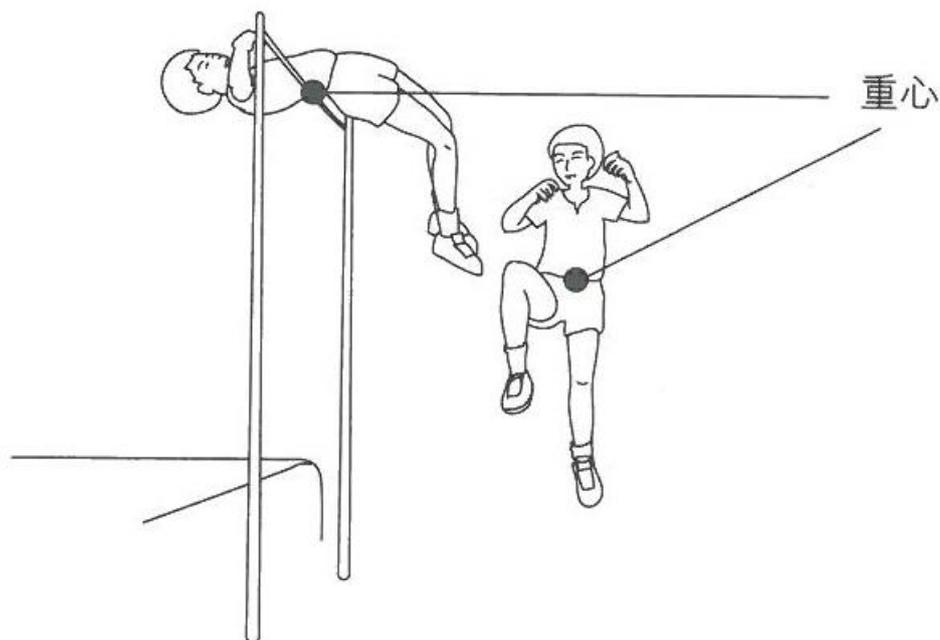
A. 重心的應用

跳高

- 跳高可分為背越式、剪式及滾式三種。
- 背越式跳高技術較剪式或滾式跳高技術為佳，因背越式跳高技術起跳過杆時，可先把上身超過橫杆，再把重心移至身體以外的地方，讓身體重心可不用必須超越橫杆的情況下，讓身體越過橫杆。

姓名：_____ 班別：_____ ()

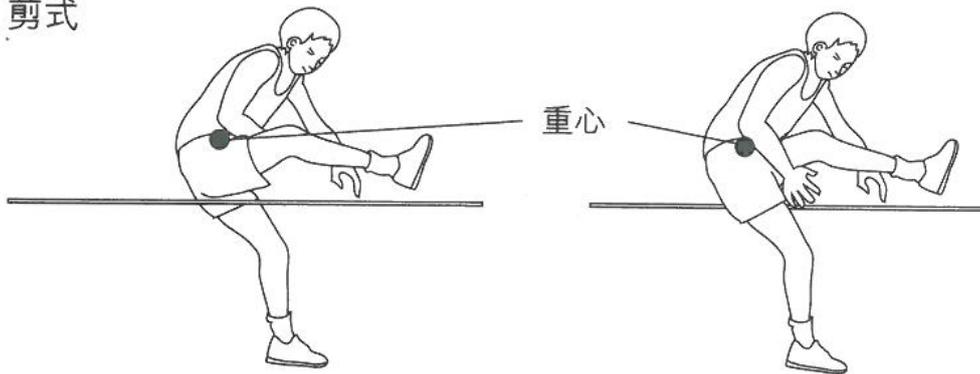
背越式



- 成功的試跳高度(H)，會受到起跳離地瞬間身體重心的高度(H1)，重心騰空高度(H2)，以及重心最高離桿的距離(H3)影響，即 $H = H1 + H2 - H.3$ 。
- 這表示若 H3 為負值，運動員在過桿時把技術發揮良好，成功地透過過桿時背桿挺腹技術，把身體重心移至身體以外的地方，讓身體重心可不用必須超越橫杆的情況下，讓身體越過橫杆，跳高表現便會越好。
- 而剪式或滾式跳高技術，則必須先把身體重心超越橫杆方可過杆。

姓名：_____ 班別：_____ ()

剪式



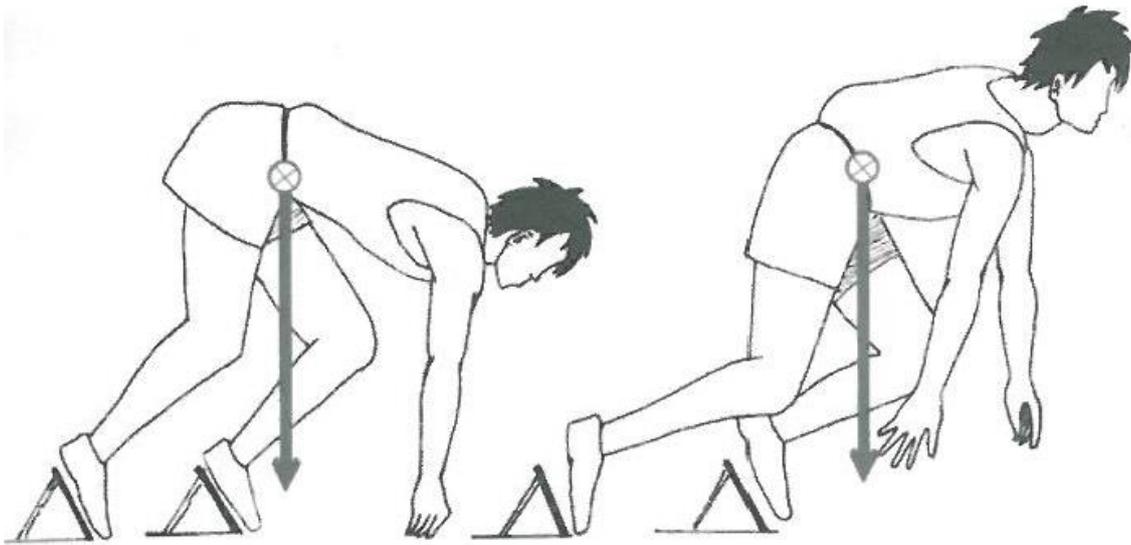
- 身體重心高度不變，背越式技術的過桿高度可以比滾式技術跳高 10 厘米。



B. 重心的平衡

- 重心的位置影響人體的平衡，即穩定性 (stability)。
- 影響平衡穩定性的因素：
 - (i) 支撐面越大，越穩定
 - (支撐面越小，重心投影越容易離開支撐面，平衡就越不穩定。)

姓名：_____ 班別：_____ ()



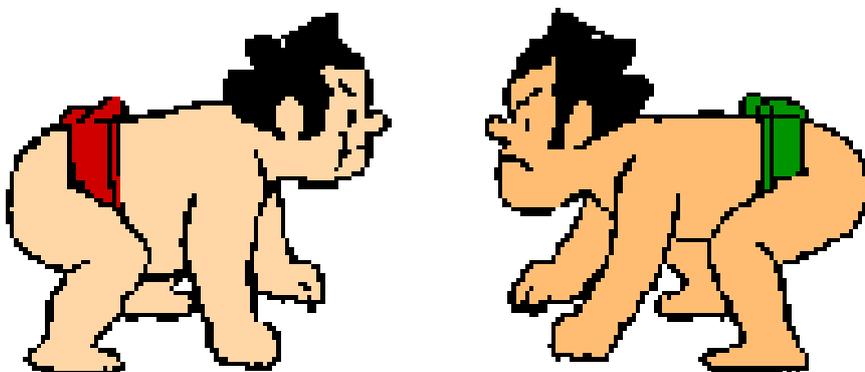
一百公尺起跑，就是一種破壞平衡之後再快速達到平衡的現象。

eg. 短跑的蹲踞式起跑，在預備姿勢(set)時，雙手及雙腳形成支撐面，重心投影在雙手及雙腳形成支撐面之內，因此身體較穩定。

但當在起跑鳴槍後，雙手便會離開地面，僅餘雙腿在地面形成支撐面，此時身體重心投影在支撐面外，令身體處於不平衡狀況向前傾，以加大身體向前的力量，加快起跑的速度。

(ii)重心越低，越穩定

eg. 在相撲運動中，相撲手會時常半蹲身體，以降低身體重心，加強重心的穩定性，以免輕易被對手推倒。



姓名：_____ 班別：_____ ()

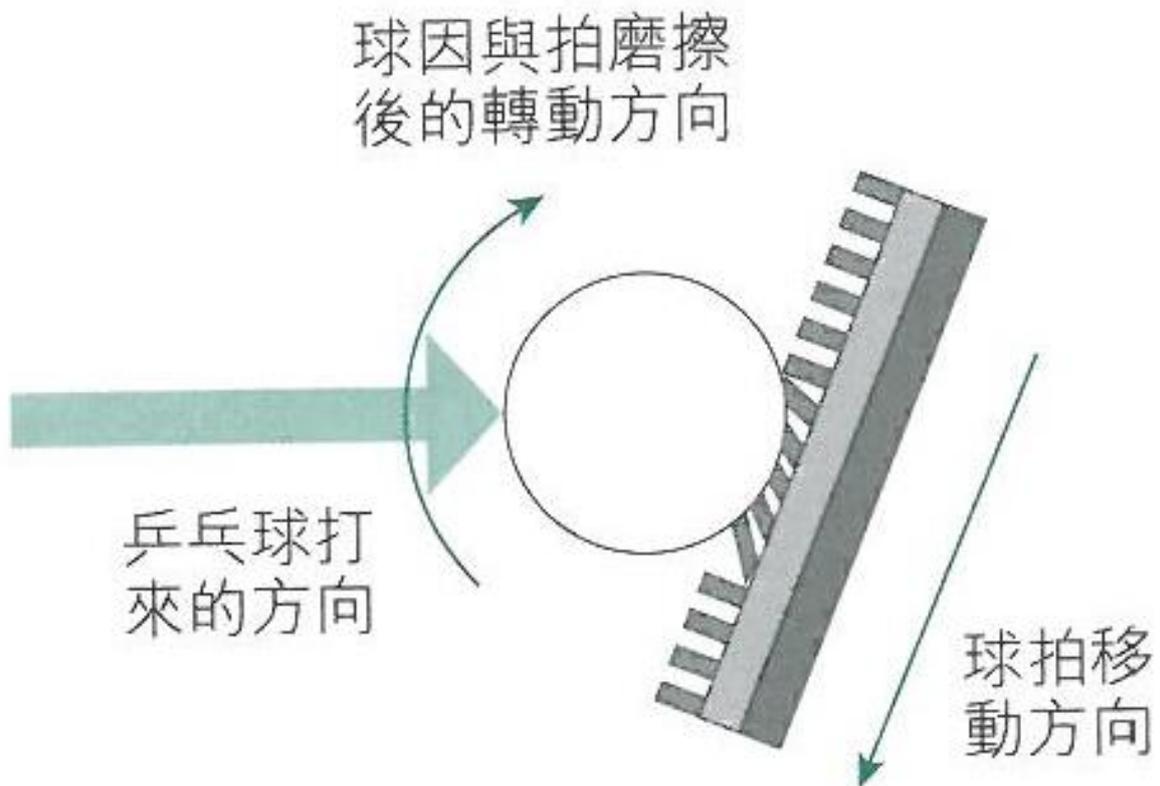
➤ 不同動作下，身體的穩定狀況：

➤



12. 摩擦力

- 是指兩物體間的一種接觸力
- 亦指與物體運動方向相反的力 (動摩擦力)



姓名：_____ 班別：_____ ()

球類運動之旋轉球(如乒乓球的弧圈球)，就是透過在擊球時，球拍與球之間的摩擦力而產生的。

➤ 增加摩擦力的運動例子：

體操



在體操項目中使用鎂粉或松香粉，都是為了增大摩擦力，使運動時不易脫手。

跑鞋：



運動鞋底的凹凸坑紋能增強鞋與地面的摩擦力，以加強運動員的身體穩定性及表現。

姓名：_____ 班別：_____ ()

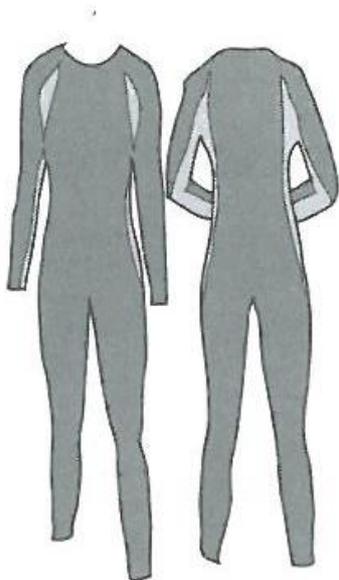
➤ 減低摩擦力的運動例子：

溜冰



溜冰運動員在冰面自由滑行是因磨冰刀與冰面接觸所產生的摩擦力小。

鯊魚泳衣



鯊魚泳衣構造按照鯊魚表皮的條紋，以仿倣鯊魚表皮的滑水水性，減低水阻，以加快泳手的速度。

姓名：_____ 班別：_____ ()

田徑釘鞋

- 運動員要想跑得快、跳得高，就必須蹬地有力，以便有更大的力量爆發(牛頓第三定律)。
- 如果穿上釘子鞋跑步，在蹬地時釘子就會插進跑道，等抬腿邁步時，釘子又能很容易地拔出來。
- 這樣，運動員腳踏地時不再打滑(因泰坦跑道上的膠粒是很滑的)，借助蹬地(爬跑)以蓄積更大的力量(牛頓第三定律)，很容易地跑得更快或跳得更遠。
- 而普通鞋鞋底的摩擦力較小，容易打滑，重心不穩，更重要的是蹬地的力量小。

姓名：_____ 班別：_____ ()

13. 生物力學---動作分析要領**A. 生物力學**

- 運用力學知識及方法，分析人體結構和功能的一門學問。

B. 動作分析

- 在各個階段的形態進行分析
- 分析動作所涉及的關節和肌肉
- 分辨肌肉收縮類型(如向心收縮、離心收縮和等長收縮)
- 關節活動範圍和速度

例子：標槍出手時各關節的角度比較

1995年世界田徑錦標賽 標槍賽事獲獎運動員	標槍出手時各關節的角度		
	髖關節	肘關節	肩關節
金牌選手	59°	170°	55°
銀牌選手	59°	147°	45°
銅牌選手	70°	154°	59°

亦會按分析依賴數據資料的程度，分為「動作的定性分析」及「動作的定量分析」：

動作 的 <u>定性</u> 分析	不依賴數據資料描述動作的特徵和效果；例如探究動作在各個階段的形態、過程中牽涉的關節和肌肉、肌肉收縮類型等。
動作 的 <u>定量</u> 分析	以數據資料說明動作的特徵和效果；例如探究動作的關節活動範圍、速度、角度、張力等。

C. 量化觀察

- 在進行分析時，既量化過程，也量化效能

例子：運動員的跑速和步頻比較

運動員	速度 (公里/小時)	步頻 (次/分鐘)	速度 (公里/小時)	步頻 (次/分鐘)	速度 (公里/小時)	步頻 (次/分鐘)
A	12	171	14	177	16	183
B	12	174	14	178	16	182
C	12	182	14	188	16	194
D	12	176	14	181	16	187
E	12	177	14	180	16	186

姓名：_____ 班別：_____ ()

➤ 運用動作量表，系統地進行觀察

《扣球》評估表

姓名： 李小芬 (15)

班別： 中二乙

填表日期： 25/1

示範圖片	技術要點	評估 (只評有*項目)		
		自評 (了解教學示範)	互評 (整體技術表現)	
	1. 助跑的步數是根據球的遠近。			
	2. 最後兩步的助跑：右腳跨出一大步，左腳及時併上。	2	2	*
	3. 手臂後擺，加大揮臂振幅。			
	4. 起跳：雙腿蹬地向上起跳；兩臂有力向上擺動。	2	1	*
	5. 起跳後揮臂準備擊球。			
	6. 揮臂動作： - 右臂向後上方抬起。 - 向前上方揮動至手臂伸直。 - 在身體前上方最高點擊球。	3	3	*
		2	2	*
		2	2	*
	7. 擊球時：以全手掌包球，掌心擊球的後中部，同時主動用力屈腕、屈指向前推壓。			
	8. 落地：以屈膝、收腹緩衝下落力量；以前腳掌先著地再過渡至全腳掌。			
	9. 球過網後在場區著地。	2	2	*

3 = 完全了解/ 做到

2 = 不完全了解/ 做到

1 = 未能了解/ 做到

➤ 運用科技，蒐集精確的觀察值，如速度、角度、張力等。

D. 動作比較

模擬：探究不同動作的效能

模仿：參考高水平運動員的動作，進行調整